

コンクリート製セミサブ型浮体洋上風力発電施設基礎の岸壁係留時挙動について

大成建設株式会社 正会員 ○大西 悠太

正会員 織田 幸伸

正会員 橋本 貴之

1. はじめに

洋上風力発電施設は着床式・浮体式の2種類に分かれる。浮体式の施工上のメリットは、着床式の場合、SEP 船等を用いて洋上でタワーと風車を設置せねばならないのに対し、浮体式の場合、基地港で浮体・タワー・風車を一体化出来る点である。

日本国内における浮体式洋上風力発電施設の候補とされている基地港の岸壁前面水深は10m前後であり、発電量が15MWの風車を搭載するセミサブ型浮体基礎の完成時喫水は26.5m(本検討対象浮体)と、岸壁前面水深を大きく超えているため、基地港岸壁際での施工方法に工夫が必要である。施工方法として、フローティングドックを用いる工法や、岸壁前面を整備し浮体基礎を着底させ、タワー・風車を設置する方法が考えられるが、それらの工法はコスト・工期ともに膨らむ傾向にある。

そこで本検討では、喫水の浅い浮体を岸壁に係留した状況の動的解析を実施する事で、浮体を浮かせた状態でタワー・風車を設置するという工法の実現可能性を検討した。また、ヒーププレートを保護するため、岸壁と浮体間にスペーサー台船を設けた。

2. 検討内容

浮体を岸壁に係留した状況を動的解析で再現するための課題は、以下二つがあげられる。

- ・不規則波の岸壁反射を表現する事
- ・防舷材、係留ロープなどの非線形部材をモデル化する事

そこで本解析では、上記2つの課題を解決可能な解析ソフトである OrcaWave・OrcaFlex Ver. 11.2 (Orcina 社)を用いて、荷重連成解析を実施した。

実現可能性を検討するための項目は、以下3点とした。①浮体を浮かせた状態でのタワー・風車の設置可否

②岸壁及び海底地盤と浮体の離隔と動揺量

③係留に用いる係船柱、防舷材の必要諸元

3. 検討対象と解析モデル

検討対象は、COREWIND プロジェクト¹⁾の対象構造物である15MW 風車を搭載した ActiveFloat (図-1)とした。COREWIND プロジェクトは、コンクリート製浮体開発の促進を目的に、Catalonia Institute for Energy Research (IREC)がプロジェクトマネージャーとして取り組むプロジェクトである。本検討は以下の要領で実施した。

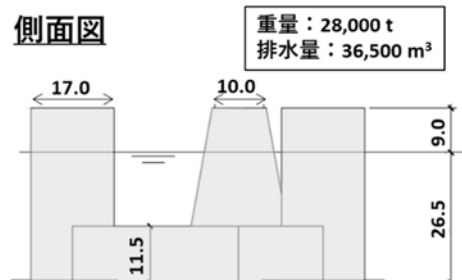
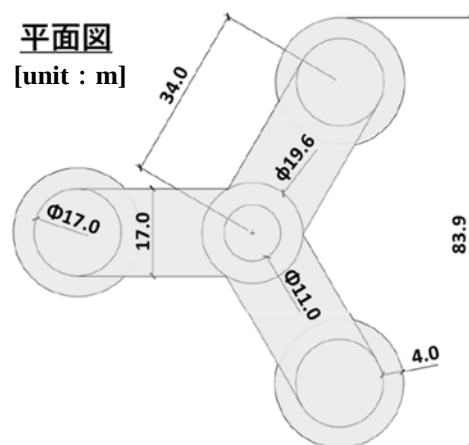


図-1 ActiveFloat 平面図及び側面図

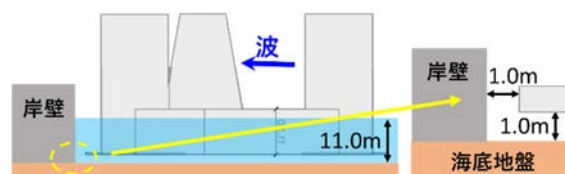


図-2 岸壁係留時側面図及び浮体離隔

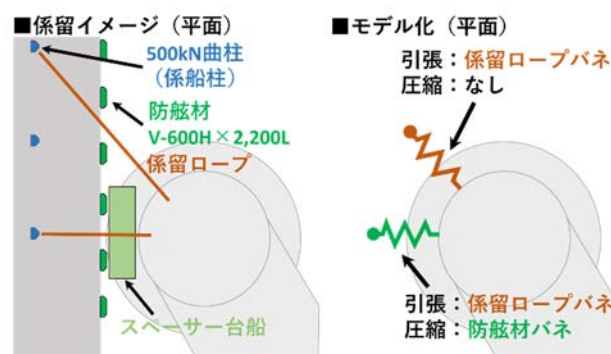


図-3 係留時平面図及び非線形バネモデル化

キーワード 洋上風力発電施設, 浮体, 岸壁, 係留, 荷重連成解析

連絡先 〒163-0918 東京都新宿区西新宿 2-3-1 大成建設株式会社 TEL 03-6882-0792

表-1 検討結果一覧

波高	検討項目①		検討項目②		検討項目③	
	タワー接続部の 水平動揺量(m)	風車接続部の 水平動揺量(m)	水平方向 最大動揺量(m)	鉛直方向 最大動揺量(m)	係留ロープ 最大引張力(kN)	防舷材 最大圧縮力(kN)
Hs=0.3 m	± 0.20	± 0.40	0.21 <1.0...OK	0.20 <1.0...OK	133 <500...OK	1422 <3150...OK
Hs=0.5 m	± 0.40	± 0.75	0.23 <1.0...OK	0.35 <1.0...OK	160 <500...OK	2290 <3150...OK
Hs=0.7 m	± 0.90	± 1.25	0.43 <1.0...OK	0.46 <1.0...OK	244 <500...OK	3394 >3150...NG

i 対象とする仮想基地港の前面水深は 11.0m とし、岸壁の反射率は 100%とした。検討対象とする波は有義波高 0.3m, 0.5m, 0.7m, 周期 5.0s の不規則波とした。また、波向きは岸壁法線直交方向とした。

ii 本検討は、浮体基礎を浮かせたままタワー・風車の設置が可能かを検証するため、タワー・風車はモデル化せず、コンクリート製の浮体基礎のみをモデル化した。また、浮体基礎は岸壁際に係留されているため岸壁からの反射波を受ける。その反射波を考慮するために、ポテンシャル解析時(OrcaWave)に岸壁をモデル化した。浮体基礎と適切な離隔を開けて配置した岸壁の二つのモデルに対してポテンシャル解析を行った。

iii ポテンシャル解析を行った後、そのポテンシャル解析結果を OrcaFlex に引き継ぎ、荷重連成解析を実施した。浮体と岸壁及び、浮体と海底面の離隔はともに 1.0m とした (図-2)。荷重連成解析において浮体以外に必要な要素は、浮体を係留するために必要な係留ロープ及び、岸壁と浮体の接触を防ぐ防舷材であり、それらは非線形バネとしてモデル化した。(図-3)

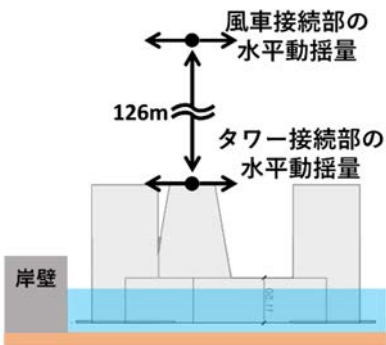


図-4 タワー接続部の水平動揺量

4. 検討結果

表-1 に検討結果一覧を示す。

検討項目①は、タワー・風車接続部の水平動揺量(図-4)で評価する。接続部の水平動揺量に明確な許容値はないが、有義波高 0.3m 時の±0.2m 及び±0.4m 程度の動揺量であれば、施工可能と考えられる。

検討項目②は、浮体端部の岸壁方向及び海底方向の最大動揺量(m)で評価する。表-1 に示す様に、いずれのケースにおいても最大動揺量は 1.0m 未満であるため、岸壁及び海底地盤と浮体の離隔は、1.0m 程度あれば十分である事が確認できた。

検討項目③において、係船柱（許容引張力：500kN）は係留ロープバネの最大引張力を用いて照査を行い、防舷材(許容圧縮力：3150kN)は、防舷材バネの最大圧縮力を用いて照査を行う。係船柱に生じる最大引張力は、いずれのケースにおいても許容引張力未満である。対して防舷材は、有義波高 0.7m のケースにおいて許容圧縮力を最大圧縮力が超過している。よって、有義波高 0.7m 程度の波が頻繁に生じる場合は、スパーサー台船側にも同程度の防舷材を設置する等の対策が必要である。また、係船柱、防舷材ともにあまり許容値に余裕がない事を考えれば、荒天等の検討ケースよりも厳しい状況が予想される場合は、浮体を離岸させるなどの対策が必要である。

5. おわりに

本検討では、荷重連成解析によって浮体基礎を浮かせた状態でのタワー・風車を設置する工法の実現可能性を検討した。今後の課題としては、波が斜めに入射する場合や方向スペクトルの影響検討、浮体係留時の荒天対策検討などといったより詳細な施工時検討を行っていきたい。

参考文献

1) Public design and FAST models of the two 15MW floater-turbine concepts USTUTT / UPC / COBRA / ESTYCO / DTU April 2020